

УДК 676.24.017 DOI: [https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021\(39\)05](https://doi.org/10.31617/tr.knute.2021(39)05)

Victor OSYKA

E-mail: v.osyka@knute.edu.ua
ORCID: 0000-0002-5081-7727

Doctor of Sciences (Technical), Professor,
Dean of the Faculty of Trade and Marketing,
Kyiv National University of Trade and Economics
19, Kyotostr., Kyiv, 02156, Ukraine

Olha KOMAKHA

E-mail: o.komakha@knute.edu.ua
ORCID: 0000-0003-0312-890X

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of
Commodity Science and Customs Affairs,
Kyiv National University of Trade and Economics
19, Kyotostr., Kyiv, 02156, Ukraine

Volodymyr KOMAKHA

E-mail: v.komakha@knute.edu.ua
ORCID: 0000-0001-6498-9047

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department
of Commodity Science and Customs Affairs
Kyiv National University of Trade and Economics
19, Kyoto str., Kyiv, 02156, Ukraine

ПАПЕРОВІ ПАКУВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ: СТІЙКІСТЬ ДО РУЙНІВНИХ ЧИННИКІВ

Досліджено динаміку бар'єрних та міцнісних властивостей вологомісних водонепроникних і вологомісних жиронепроникних паперових пакувальних матеріалів під впливом температурних, вологісних та механічних чинників. Наведено результати випробувань розроблених зразків паперових пакувальних матеріалів під час експозиції в камері тепловологого старіння.

Ключові слова: паперові пакувальні матеріали, водонепроникність, жиронепроникність, механічна міцність, камера тепловологого старіння.

Постановка проблеми. За результатами попередніх досліджень розроблено паперові пакувальні матеріали із заданим комплексом бар'єрних і механічних властивостей та сформовано асортиментний ряд вологомісного водонепроникного і жиронепроникного пакувального паперу, що пропонується як аналог пергаменту та підпергаменту закордонного виробництва [1].

Результати випробувань та порівняльна оцінка бар'єрних, фізико-механічних й інших властивостей розроблених паперових пакувальних матеріалів (ППМ) із найближчими аналогами (рослинний підпергамент і пергамент) показали, що отримані матеріали не поступаються традиційним за вихідними властивостями й мають такий комплекс властивостей, що дає змогу використовувати їх для упакування вологовмісної та жировмісної продукції [2].

З огляду на те, що паперові пакувальні матеріали під час експлуатації можуть піддаватися впливу широкого діапазону температур, які зазвичай залежать від умов виготовлення та зберігання упакованої продукції, науковий і практичний інтерес представляють дослідження впливу різних температурних режимів на інтенсивність протікання процесів, що спричиняють зміни властивостей розроблених пакувальних матеріалів. Отже, розробка високоякісних паперових пакувальних матеріалів із прогнозованим строком експлуатації неможлива без комплексних досліджень властивостей у реальних умовах використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У вітчизняній і закордонній науковій літературі достатньо глибоко вивчалися питання підвищення міцності та бар'єрних властивостей паперу. Найґрунтовніші дослідження у цьому напрямі проведено J. Toland, Д. М. Фляте, Е. Л. Акімом, Л. А. Коптюхом.

Для покращення бар'єрних властивостей і підвищення стійкості паперу до різноманітних чинників використовують полімерні покриття на основі полівінілового спирту завдяки їхній здатності утворювати непроникні плівки. Так, відомо, що за допомогою композиції полівінілового спирту, восків і глини S. Zeng та ін. [3] вдалося значно підвищити опір пакувального паперу пропусканню водяної пари (з 533 до 1.3 г/м²/24 год) та водонепроникність (кут змочування $\geq 100^\circ$). З використанням композиції полівінілового спирту та целюлозних наночастин Н. Park та ін. [4] збільшено механічну міцність паперу пакувального призначення в сухому та вологому станах. Емульсії полівінілового спирту X. Yin та ін. [5] використовували для суттєвого підвищення міцності пакувальних матеріалів на основі целюлози, модифіковані наночастинками срібла і цинку J. Pulit-Prociak та ін. [6] застосовували для пакування виробів медичного призначення, а наночастинками монтморилоніту – для надання паперу стійкості до УФ-випромінювання [7]. Наведені дослідження демонструють можливість покращення властивостей паперових матеріалів або надання їм нових специфічних властивостей, однак актуальним залишається питання збереження набутого комплексу властивостей під час експлуатації.

Серед чинників, що найбільш суттєво впливають на властивості матеріалів на основі целюлози у процесі використання, дослідники виділяють: атмосферний вплив, вплив різноманітних регульованих середовищ за різних температури і вологості, вплив знакозмінних температур (заморожування і дефростація), а також повторювані механічні навантаження [8; 9].

Мета дослідження – оцінка стійкості розроблених вологоміцних водонепроникних та жиронепроникних паперових пакувальних матеріалів до температурних, вологісних і механічних чинників.

Об'єкт дослідження – паперові пакувальні матеріали, виготовлені внаслідок обробки паперу-основи гідрофобним та гідроолеофобним складом.

Матеріали та методи. У дослідженні використовували сульфатну небілену целюлозу хвойних порід деревини марки НС-2 та листяних порід деревини марки НС-3 і сульфатну білену целюлозу хвойних порід марки АС-II. Зразки паперу для ППМ марки В-55 виготовлялися з композиції небіленої хвойної та листяної целюлози за співвідношення 80 : 20, розмеленої до ступеня помелу 65 ° ШР [10]. Папір-основу для ППМ марки ЖВ-55 отримували із сульфатної біленої та небіленої целюлози хвойних порід, розмеленої до ступеня помелу 75 ° ШР [11]. Дослідні зразки паперу-основи отримували на листовиливному лабораторному приладі з комбінованою сушильною камерою *Rapid Kothen*. Для надання ППМ вологоміцності та водоне-

проникності папір-основу піддавали поверхневому обробленню гідрофобною [11] і гідроолеофобною [12] композиціями з використанням водних розчинів поліамідамінепіхлоргідрину *EKA WS 325* виробництва *Eka Chemicals AB* (Швеція), полівінілового спирту, карбаміду марки Б вищого ґатунку та гліцерину. Приготування складу проводилося внаслідок підготовки водних розчинів компонентів та їх змішування ($\tau \approx 20\text{--}30$ хв, $t = 30\text{--}35$ °С). Склади для поверхневого оброблення наносили на поверхню паперу-основи, папір висушували, витримували 10 діб і піддавали випробуванням [13–19].

Для випробування на термостійкість та вологостійкість зразки ППМ поміщали в камеру температуровологісного старіння і витримували протягом 900 діб за заданих температури (–18, –1, +6, +18, +25 °С) і відносної вологості (45, 65, 85 %), періодично (кожні 180 діб) визначаючи зміну їхніх механічної міцності та показників бар'єрних властивостей.

Результати дослідження. Для встановлення залежності бар'єрних властивостей і механічної міцності пакувальних матеріалів на основі паперу від температурного режиму та тривалості експозиції проведено визначення показників водонепроникності для паперу В-55 (рис. 1) та жиронепроникності для паперу ЖВ-55 (рис. 2).

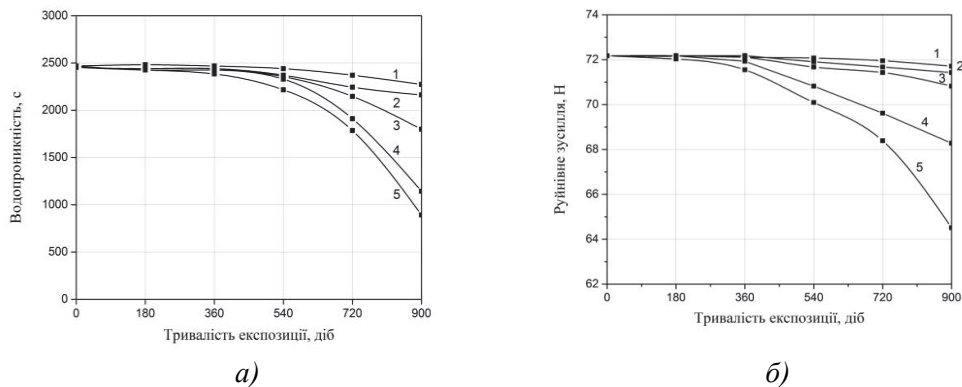


Рис. 1. Залежність водонепроникності (а) та механічної міцності (б) пакувального паперу марки В-55 від тривалості експозиції та температурного режиму, °С: 1) +25; 2) +18; 3) +6; 4) –1; 5) –18

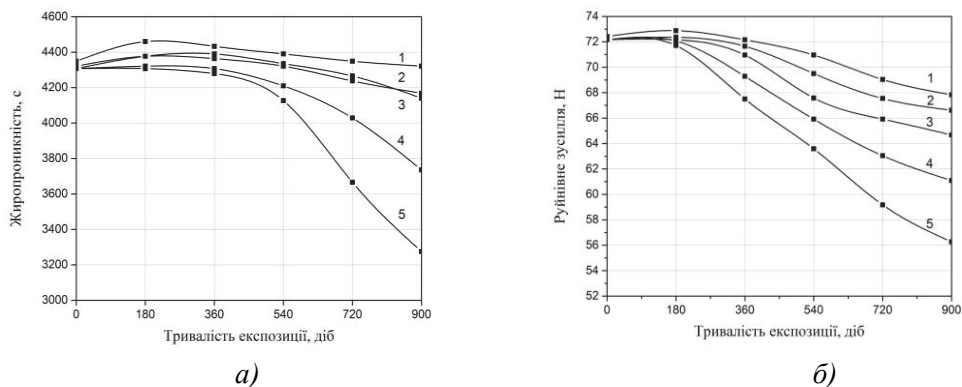


Рис. 2. Залежність жиронепроникності (а) та механічної міцності (б) пакувального паперу марки ЖВ-55 від тривалості експозиції та температурного режиму, °С: 1) +25; 2) +18; 3) +6; 4) –1; 5) –18

Наведені залежності свідчать про те, що зі зниженням температури її деструктивний вплив має більш виражений характер як для пакувального матеріалу марок В-55, так і для ЖВ-55, що різняться призначенням і, відповідно, складами, якими здійснювалось оброблення поверхні паперу-основи.

Варто зазначити, що протягом 360 діб експозиції досліджувані зразки практично не втрачають стійкості до проникнення води (В-55) та жиру (ЖВ-55), що підтверджується стабільністю відповідних показників бар'єрних властивостей.

Для зразків пакувального паперу марки ЖВ-55, що витримувалися за температури $+6\text{ }^{\circ}\text{C}$ та вище в перші 180 діб зафіксовано незначне зростання (2–3 %) жиронепроникності, що пояснюється більш тривалим процесом полімеризації складу на основі ПВС. Після 360 діб експозиції показник набуває тенденції до зменшення, інтенсивність якої визначається температурним режимом витримування зразків. Так, значення показників жиропроникності зразків, що витримувалися протягом 540 діб за різних температур, значно різняться між собою (4125–4390 с). Більше значення жиропроникності має зразок 5 (рис. 2), що витримувався за температури $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Подальше зростання тривалості експозиції показало ще більш інтенсивне зменшення жиропроникності пакувального матеріалу за температур, нижчих ніж $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Максимальне її зменшення (32 %) зафіксовано за температури $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ після 900 діб експозиції, тоді як за температур, вищих ніж $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, за зазначеної експозиції, становить не більш як 4 %.

Випробування пакувального паперу марки В-55, що витримувався за температур, нижчих ніж $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, демонструють значне зниження показника водопроникності після 540–720 діб експозиції. Температурні режими вище за $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ мають менш значний вплив на зниження показника водопроникності. Так, для зразків 1–3 водонепроникність після 900 діб експозиції становить 1800–2260 с, що, як порівняти з вихідним (2456 с), менше на 7–25 %. Аналіз отриманих залежностей показників бар'єрних властивостей пакувальних матеріалів від температурних режимів витримування й тривалості експозиції уможливив зробити висновок, що стабільний рівень жиронепроникності та водонепроникності матеріалів забезпечується протягом 360 діб. Після вказаного строку експозиції відбувається інтенсифікація процесів деструкції, яка більш виражена за температур, нижчих ніж $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температурний режим є також вагомим фактором, що впливає на міцність паперового пакувального матеріалу, тому проведено випробування показників руйнівного зусилля матеріалів (В-55, ЖВ-55) залежно від зазначеного чинника з тривалістю експозиції 900 діб. Встановлено, що руйнівне зусилля обох досліджуваних зразків паперових пакувальних матеріалів також більш інтенсивно зменшується внаслідок тривалого витримування за низьких температур. Водночас руйнівне зусилля за температур $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ протягом строку

випробування у водонепроникних матеріалах знизилося на 6 та 12 %, а в жиронепроникних – на 19 та 29 % відповідно. Більша втрата міцності водонепроникного пакувального паперу проти жиронепроникного пов'язана з природою основного компонента гідроолеофобного складу – ПВС, що має вищу температуру крихкості, ніж поліамідамінепіхлоргідрин у гідрофобному складі.

Оскільки пакувальні матеріали широко застосовуються для упакування замороженої продукції, проведено також дослідження впливу багаторазової циклічної зміни температури від $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$, що відповідає температурі швидкого заморожування продукції, до $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Циклічна зміна температур ($+50/-35\text{ }^{\circ}\text{C}$) також більш негативно проявляється у випадку жиронепроникного паперу марки ЖВ-55 (рис. 3).

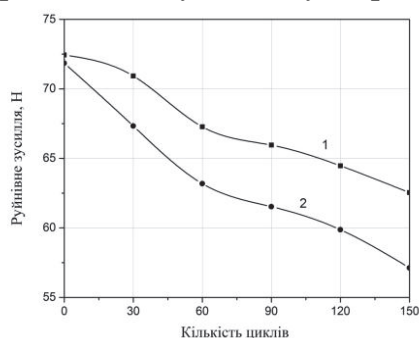


Рис. 3. Вплив повторюваних циклів зміни температури ($+25/-35$) на руйнівне зусилля пакувальних матеріалів марок: 1 – В-55; 2 – ЖВ-55

Встановлено, що після 150 циклів поперемінного заморожування та дефростації зразків руйнівне зусилля у жиронепроникного матеріалу ЖВ-55 знижується до 57.5 Н, а у водонепроникного В-55 – до 63 Н. Руйнівне зусилля за 30 повторюваних циклів зміни температури, що відповідає більш реальним умовам експлуатації, становить 70.9 і 67.3 Н проти вихідних значень 72.4 і 71.8 Н для водонепроникного (В-55) та жиронепроникного (ЖВ-55) пакувального паперу відповідно. Однак попри зазначене зниження показника руйнівного зусилля рівень міцності розроблених пакувальних матеріалів є достатньо високим для використання матеріалу за призначенням.

Отже, аналізуючи результати впливу температури на бар'єрні та механічні властивості паперових пакувальних матеріалів встановлено, що за впливу підвищених, низьких температур протягом 900 діб, а також їх циклічної зміни (150 циклів) відбувається зменшення показників якості. Це пов'язано зі структурними змінами в матеріалах під час їх довготривалого деформування, що особливо інтенсифікуються після 540–720 діб експозиції зразків. Протягом перших 360 діб випробування зразки незначною мірою змінюють свої властивості. Наявність адсорбованої води на поверхні багатьох матеріалів негативно впливає на фізико-механічні властивості під час експлуатації. Враховуючи високу активність макромолекул целюлози у складі паперу по відношенню до води, а також те, що папір має складну мікро- і макропористу структуру, дослідження впливу вологи на такий матеріал є особливо важливим.

У реальних умовах експлуатації пакувальні матеріали на основі паперу можуть активно сорбувати вологу із навколишнього середовища. Зважаючи на це, проведено порівняльну оцінку міцнісних

У реальних умовах експлуатації пакувальні матеріали на основі паперу можуть активно сорбувати вологу із навколишнього середовища. Зважаючи на це, проведено порівняльну оцінку міцнісних

властивостей розроблених видів пакувального паперу (В-55 і ЖВ-55) залежно від тривалості впливу середовищ із різною відносною вологістю (45, 65, 85 %).

Отримані залежності руйнівного зусилля від тривалості експозиції зразків вологоміцного і водонепроникного пакувального матеріалу В-55 за різної вологості середовища наведено на *рис. 4*.

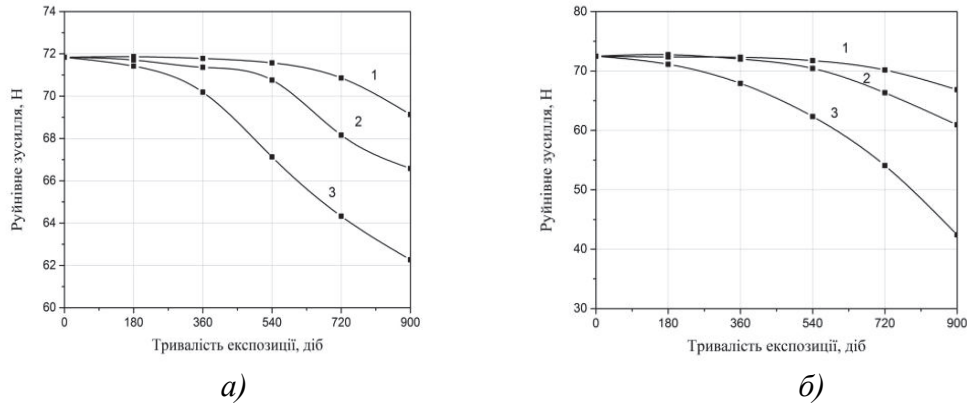


Рис. 4. Залежність руйнівного зусилля ППМ В-55 (*а*) і ЖВ-55 (*б*) від тривалості експозиції та вологості середовища, %: 1 – 45; 2 – 65; 3 – 85

Аналізуючи дані (див. *рис. 4а*), можна стверджувати, що підвищена вологість негативно впливає на збереження міцності паперу В-55. Мінімальна міцність зафіксована для матеріалу після 900 дів експозиції за вологості 85 % і становить 62.4 Н, водночас зменшення її відносно початкового рівня – 16 %. Нижча відносна вологість середовища 45–65 % незначною мірою впливає на міцність матеріалу, зменшуючи її на 4–8 %.

Аналогічна залежність зниження показника руйнівного зусилля виявлена і для жиронепроникного пакувального матеріалу ЖВ-55 (див. *рис. 4б*). Проте при цьому, за однакових умов, спостерігається більш інтенсивне зменшення механічної міцності зразків жиронепроникного матеріалу, як порівняти з водонепроникним, що становить 71, 19 та 10 % за вологості 85, 65 і 45 % відповідно. Тобто пакувальний папір, отриманий з використанням гідроолеофобного складу, попри більш щільну і закриту (рівномірну) поверхню, інтенсивніше втрачає механічну міцність під впливом вологого середовища. Втрата міцності жиронепроникного пакувального паперу пояснюється насамперед тим, що полівініловий спирт, на основі якого розроблено гідроолеофобний склад, є високогігроскопічним матеріалом. Водночас нерівномірне збільшення в об'ємі полімерного шару та целюлозного волокна і, відповідно, зміна їхніх лінійних розмірів можуть призводити до руйнування зв'язків у системі полівініловий спирт – целюлоза, що негативно відбивається на механічній міцності матеріалу. На відміну від гідроолеофобного складу, гідрофобний надає пакувальному паперу водовідштовхувальних властивостей, що зменшує інтенсивність проникнення водяної пари в структуру матеріалу й уповільнює процеси зв'язування води з целюлозою.

Отримані закономірності описують зміни в показниках бар'єрних і міцнісних властивостей залежно від вологості середовища, в якому здійснювали експозицію. Однак ці залежності не враховують того чинника, що під впливом механічних навантажень деструктивні процеси можуть призводити до утворення тріщин та інших дефектів, що також спричиняють зниження показників бар'єрних властивостей пакувального паперу.

З огляду на це, досліджено вплив повторюваних механічних навантажень (подвійних перегинів) на водопроникність пакувального паперу марки В-55 (рис. 5а) та жиропроникність – марки ЖВ-55 (рис. 5б). Зразки паперових пакувальних матеріалів піддавалися заданій кількості перегинів (50–250 разів), після чого в місцях перегину визначали відповідний показник.

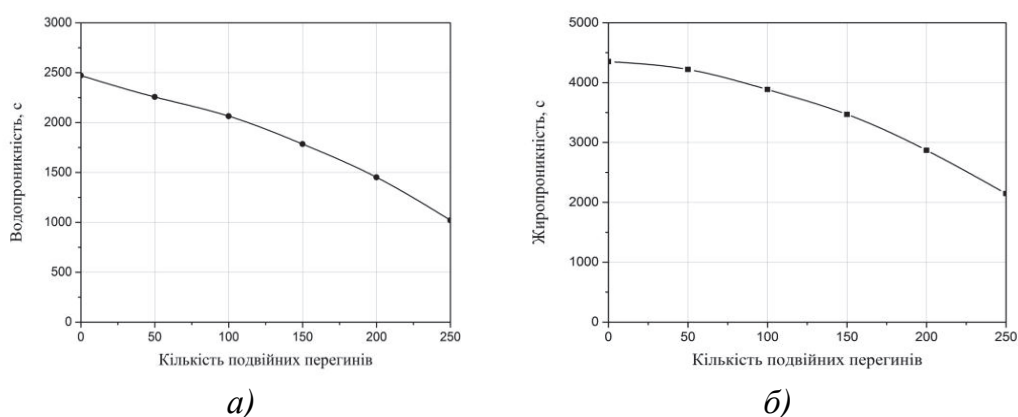


Рис. 5. Залежність водопроникності ППМ марки В-55 (а) та жиропроникності ППМ марки ЖВ-55 (б) від кількості багаторазових перегинів

Встановлено, що зі збільшенням кількості подвійних повторюваних перегинів спостерігається зниження показників водопроникності та жиропроникності для відповідних зразків. Так, водопроникність паперового пакувального матеріалу В-55 зменшується з 2470 с, що відповідає вихідному матеріалу, до рівня 1020 с для зразка, що підданий 250 подвійним перегинам. Для пакувального матеріалу ЖВ-55, що піддавався повторюваним механічним навантаженням на злам, показник жиропроникності за аналогічних умов знижується у 2 рази, що також є досить суттєвим. Однак варто зазначити, що в реальних умовах експлуатації пакувальний матеріал не зазнає механічного впливу такої інтенсивності, а завдяки значному опору по відношенню до води і жиру у вихідному стані здатний зберігати свої бар'єрні властивості після змодельованих випробувань. За 50 повторюваних подвійних перегинів, що є більш наближеним до реальних умов використання пакувального паперу за призначенням, водопроникність зразка В-55 знижується на 8 %, а жиропроникність зразка ЖВ-55 – на 3 %. Це свідчить про те, що розроблені пакувальні матеріали здатні витримувати значні механічні навантаження без суттєвого зниження рівня бар'єрних властивостей.

Висновки. Встановлено залежності впливу температурних, вологісних і механічних чинників на зміну бар'єрних та міцнісних показників якості розроблених вологоміцних водонепроникних і вологоміцних водо- й жиронепроникних пакувальних матеріалів на основі паперу.

Отримані дані дають змогу стверджувати, що головні фактори зазначених властивостей розроблених матеріалів – фізико-хімічна природа основних компонентів гідрофобного та гідроолеофобного складів, що зумовлює характер їх взаємодії з целюлозним волокном; стійкість структури матеріалу до проникнення вологи та жиру, а також його здатність протидіяти різним механічним навантаженням.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Osyka V., Komakha V., Komakha O. Waterproof paper packaging materials: evaluation of properties. *Commodities and markets*. 2020. N 3 (35). P. 48-57.
2. Osyka V., Komaha O., Komaha V. Waterproof paper packaging materials: comprehensive quality assessment. *Commodities and markets*. 2021. N 1 (37). С. 97-105.
3. Zeng S. et al. From waste to wealth: A lightweight and flexible leather solid waste/polyvinyl alcohol/silver paper for highly efficient electromagnetic interference shielding. *ACS Applied Materials & Interfaces*. 2020. Vol. 12. N 46. P. 52038-52049.
4. Park H. et al. Impregnation of paper with cellulose nanofibrils and polyvinyl alcohol to enhance durability. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*. 2020. Vol. 35. N 1. P. 106-114.
5. Yin X. et al. Research on Polyvinyl Alcohol Reinforcing Board and Corrugated Fiberboard. *Advances in Graphic Communication, Printing and Packaging Technology and Materials*. Singapore: Springer, 2021. P. 458-465.
6. Pulit-Prociak J. et al. Analysis of Antimicrobial Properties of PVA-Based Coatings with Silver and Zinc Oxide Nanoparticles. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*. 2021. Vol. 31. N 6. P. 2306-2318.
7. Elhami M., Habibi S. A study on UV-protection property of poly(vinyl-alcohol)-montmorillonite composite nanofibers. *Journal of Vinyl and Additive Technology*. 2021. Vol. 27. N 1. P. 89-96.
8. Basta A. H. et al. The role of fire retardant-polyvinyl alcohol systems on enhancing the performance of paper sheets toward ageing and counterfeiting. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*. 2017. Vol. 32. N 3. P. 415-420.
9. Tétreault J. et al. Modelling considerations for the degradation of cellulosic paper. *Cellulose*. 2019. Vol. 26. N 3. P. 2013-2033.
10. Осика В. А., Коптюх Л. А., Комаха В. О., Шульга О. С. Формування якості паперу-основи для вологоміцного та водонепроникного пакувального матеріалу. *Вісн. Львів. торг.-екон. ун-ту*. 2019. № 22. С. 11-17.
11. Осика В. А., Коптюх Л. А., Комаха В. О., Шульга О. С. Формування якості паперу-основи для виготовлення водо-жиронепроникних пакувальних матеріалів. *Вісн. Черк. держ. технол. ун-ту*. 2019. № 3. С. 76-82.
12. Осика В. А., Комаха О. С., Комаха В. О., Голік О. В. Формування бар'єрних властивостей пакувального паперу з використанням поліамідамінепіхлоргідрину. *Підприємництво, торгівля, маркетинг: стратегії, технології та інновації: Матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 27 травня 2021 р.)*. Київ: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2021. С. 205-210.

13. ДСТУ EN ISO 186:2008. (EN ISO 186:2002, IDT). Папір і картон. Метод відбирання проб для визначення середньої якості. Київ: Держспоживстандарт України, 2010. 18 с.
14. ДСТУ 2711–94. (ISO 5633:1983). Папір і картон. Метод визначення водонепроникності. Київ: Держспоживстандарт України, 1994. 22 с.
15. ДСТУ 5634:2003. (ISO 5634:1986). Папір і картон. Визначення жиронепроникності. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 10 с.
16. ГОСТ 13525.13–69. Бумага. Методы определения жиропроницаемости. М.: Стандартиформ, 2007. 4 с.
17. ДСТУ 2334–94. (ГОСТ ИСО 1924/1-96). Папір та картон. Визначення міцності під час розтягування. Частина 1. Метод навантажування з постійною швидкістю. Київ: Держспоживстандарт України, 1997. 10 с.
18. ДСТУ ISO 3781:2005. (ISO 3781:1983, IDT). Папір і картон. Визначення міцності під час розтягування після занурення у воду. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 12 с.
19. ГОСТ ИСО 5626–97. Бумага. Определение прочности на излом при многократных перегибах (методы Шоппера, Ломаржи, Келер-Молина, МІТ). М.: Изд-во стандартов, 2001. 12 с.

Стаття надійшла до редакції 01.07.2021.

Osyka V., Komakha O., Komakha V. Paper packaging materials: resistance to destructive factors.

Background. The dynamics of change of the complex of barrier and strength properties of moisture-resistant waterproof and moisture-resistant grease-proof paper packaging materials under the influence of temperature, humidity and mechanical factors is considered. The results of tests of the developed samples of paper packaging materials during exposure in the chamber of heat and moisture aging are given.

Materials and methods. Paper packaging materials of grades B-55 and ZhV-55 were obtained by surface treatment with compositions using polyamideaminepiclorohydrin, polyvinyl alcohol, urea and glycerin. To test for heat resistance and moisture resistance, the PPM samples were placed in a temperature-humidity aging chamber and kept for 900 days at a given temperature (–18, –1, +6, +18, + 25 °C) and relative humidity (45, 65, 85 %), periodically (every 180 days) determining the change in their mechanical strength and barrier properties. The resistance of barrier properties to the effects of repetitive mechanical loads was determined by measuring the corresponding index at the site of multiple double bends.

Results. During 360 days of exposure, the test samples practically do not lose resistance to the penetration of water (B-55) and fat (ZhV-55). After this exposure period, there is an intensification of degradation processes, which is more pronounced at temperatures below 0 °C. The maximum decrease (32 %) of fat permeability was recorded at a temperature of –18 °C after 900 days of exposure, while at temperatures above 0 °C, at this exposure, it is not more than 4 %. The strength of the packaging paper at temperatures of –1 °C and –18 °C during the test period in waterproof materials decreased by 6 % and 12 %, and in greaseproof – 19 % and 29 %, respectively. The higher loss of strength of fat-impermeable PPM is due to the nature of the main component of the hydrooleophobic composition – PVA, which has a higher brittleness temperature compared to PAAEX in the hydrophobic composition.

After 150 cycles of alternating freezing and defrosting of the samples, the destructive force of the greaseproof material ZhV-55 is reduced to 57.5 N, and the waterproof B-55 – to 63 N. The destructive force for 30 repeated cycles of temperature change is 70.9 N and 67.3 N, in comparison with the initial values of 72.4 and 71.8 N for waterproof (B-55) and greaseproof (ZhV-55) wrapping paper, respectively.

With 50 repeated double bends, which is close to the real conditions of use of packaging paper for its intended purpose, the water permeability of the sample B-55 is reduced by 8 %, and the fat permeability of the sample ZhV-55 – by 3 %.

Conclusion. The established dependences allow us to state that the main factors determining the barrier and strength properties of the developed materials are: physicochemical nature of the main components of hydrophobic and hydrooleophobic compositions, which determines the nature of their interaction with cellulose fiber; resistance of the structure of the material to the penetration of moisture and fat, as well as its ability to withstand various mechanical loads.

Keywords: paper packaging materials, water permeability, grease permeability, mechanical strength, heat and moisture aging chamber.

REFERENCES

1. Osyka, V., Komakha, V., & Komakha, O. (2020). Waterproof paper packaging materials: evaluation of properties. *Commodities and markets*, 3 (35), 48-57 [in English].
2. Osyka, V., Komaha, O., & Komaha, V. (2021). Waterproof paper packaging materials: comprehensive quality assessment. *Commodities and markets*, 1 (37), 97-105 [in English].
3. Zeng, S. et al. (2020). From waste to wealth: A lightweight and flexible leather solid waste/polyvinyl alcohol/silver paper for highly efficient electromagnetic interference shielding. *ACS Applied Materials & Interfaces*. Vol. 12, 46, 52038-52049 [in English].
4. Park, H. et al. (2020). Impregnation of paper with cellulose nanofibrils and polyvinyl alcohol to enhance durability. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*. Vol. 35, 1, 106-114 [in English].
5. Yin, X. et al. (2021). Research on Polyvinyl Alcohol Reinforcing Board and Corrugated Fiberboard. *Advances in Graphic Communication, Printing and Packaging Technology and Materials*. (pp. 458-465). Singapore: Springer [in English].
6. Pulit-Prociak, J. et al. (2021). Analysis of Antimicrobial Properties of PVA-Based Coatings with Silver and Zinc Oxide Nanoparticles. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*. Vol. 31, 6, 2306-2318 [in English].
7. Elhami, M., & Habibi, S. (2021). A study on UV-protection property of poly(vinyl-alcohol)-montmorillonite composite nanofibers. *Journal of Vinyl and Additive Technology*. Vol. 27, 1, 89-96 [in English].
8. Basta, A. H. et al. (2017). The role of fire retardant-polyvinyl alcohol systems on enhancing the performance of paper sheets toward ageing and counterfeiting. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*. Vol. 32, 3, 415-420 [in English].
9. Tétreault, J. et al. (2019). Modelling considerations for the degradation of cellulosic paper. *Cellulose*. Vol. 26, 3, 2013-2033 [in English].
10. Osyka, V. A., Koptjuh, L. A., Komaha, V. O., & Shul'ga O. S. (2019). Formuvannja jakosti paperu-osnovy dlja vologomicnogo ta vodonepronyknogo pakuval'nogo materialu [Forming the quality of the base paper for moisture-resistant and waterproof packaging material]. *Visnyk L'vivs'kogo torgovel'no-ekonomichnogo universytetu – Herald of Lviv University of Trade and Economics*, 22, 11-17 [in Ukrainian].
11. Osyka, V. A., Koptjuh, L. A., Komaha, V. O., & Shul'ga, O. S. (2019). Formuvannja jakosti paperu-osnovy dlja vygotovlennja vodozhyronepronyknyh pakuval'nyh materialiv [Forming the quality of the base paper for the manufacture of waterproof and greaseproof packaging materials]. *Visnyk Cherkas'kogo derzhavnogo tehnologichnogo universytetu – Bulletin of Cherkasy State Technological University*, 3, 76-82 [in Ukrainian].

12. Osyka, V. A., Komaha, O. S., Komaha, V. O., & Golik, O. V. (2021). Formuvannja bar'jernih vlastyvoستej pakuval'nogo paperu z vykorystannjam poliamidaminepichlorgidrynu [Formation of barrier properties of packaging paper using polyamidaminepichlorohydrin]. *Pidpryjemnyctvo, torgivlja, marketyng: strategii, tehnologii ta innovacii* – *Entrepreneurship, trade, marketing: strategies, technologies and innovations*: Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference. (pp. 205-210). Kyi'v: Kyi'vs'kyj nacional'nyj torgovel'no-ekonomichnyj universytet [in Ukrainian].
13. Papir i karton. Metod vidbyrannja prob dlja vyznachennja seredn'oi' jakosti [Paper and cardboard. Sampling method to determine the average quality]. (2010). *DSTU EN ISO 186:2008*. Kyi'v: Derzhspozhyvstandart Ukrai'ny [in Ukrainian].
14. Papir i karton. Metod vyznachennja vodonepronyknosti [Paper and cardboard. Method for determining water resistance]. (1994). *DSTU 2711-94*. Kyi'v: Derzhspozhyvstandart Ukrai'ny [in Ukrainian].
15. Papir i karton. Vyznachennja zhyropronyknosti [Paper and cardboard. Determination of fat permeability]. (2003). *DSTU 5634:2003*. Kyi'v: Derzhspozhyvstandart Ukrai'ny [in Ukrainian].
16. Bumaga. Metody opredelenija zhiropronicajemosti [Paper. Methods for determining fat permeability]. (2007). *GOST 13525.13-69*. Moscow: Standartinform [in Russian].
17. Papir ta karton. Vyznachennja micnosti pid chas roztjaguvannja. Chastyna 1. Metod navantazhuvannja z postijnoju shvydkistju [Paper and cardboard. Determination of tensile strength. Part 1. The method of loading at a constant speed]. (1997). *DSTU 2334-94*. Kyi'v: Derzhspozhyvstandart Ukrai'ny [in Ukrainian].
18. Papir i karton. Vyznachennja micnosti pid chas roztjaguvannja pislja zanurennja u vodu [Paper and cardboard. Determination of tensile strength after immersion in water]. (2006). *DSTU ISO 3781:2005*. Kyi'v: Derzhspozhyvstandart Ukrai'ny [in Ukrainian].
19. Bumaga. Opredelenieprochnosti na izlom pri mnogokratnyh peregibah (metody Shoppera, Lomazhi, Keler-Molina, M1T) [Paper. Determination of fracture toughness at multiple bends (methods of Shopper, Lomarge, Keller-Molina, M1T)]. (2001). *GOST ISO 5626-97*. Moscow: Izdatel'stvo standartov [in Russian].